

A 40 anni dall'incidente di Chernobyl, è l'ora della verità

di Vincenzo Romanello

Maggio 2026

Excerpt

A quarant'anni dall'incidente di Chernobyl, è necessario tornare ai fatti, distinguendo la realtà tecnica e storica dalla narrazione emotiva che ha condizionato per decenni il dibattito italiano sul nucleare. Questo articolo ricostruisce le cause dell'incidente, il contesto sovietico in cui maturò, le differenze decisive rispetto ai reattori occidentali e il modo in cui Chernobyl fu usato per alimentare una percezione distorta del rischio nucleare.

Abstract

A quarant'anni dall'incidente di Chernobyl, il dibattito sul ritorno dell'energia nucleare in Italia richiede un'analisi razionale, documentata e tecnicamente fondata. L'articolo ricostruisce il contesto storico, energetico e geopolitico in cui maturò l'incidente del 26 aprile 1986, descrivendo le caratteristiche peculiari dei reattori RBMK sovietici, il loro possibile impiego duale, l'assenza di un vero edificio di contenimento, il coefficiente di vuoto positivo e le criticità progettuali delle barre di controllo.

Viene inoltre spiegata la sequenza degli eventi che condusse alla distruzione dell'unità 4 della centrale di Chernobyl: il test di inerzia della turbina, la riduzione impropria della potenza, l'avvelenamento da xenon-135, la rimozione eccessiva delle barre di controllo e il ruolo del tasto AZ-5 nell'innescare l'esplosione finale. L'articolo richiama poi il sacrificio dei vigili del fuoco, degli operatori e dei liquidatori, inclusi i cosiddetti "bio-robot", evidenziando al tempo stesso la necessità di distinguere le vittime accertate dalle stime speculative basate sul modello LNT.

La tesi centrale è che un incidente analogo non sarebbe stato possibile nei reattori allora presenti in Italia, progettualmente e regolatoriamente molto diversi dai RBMK sovietici. Attraverso questa ricostruzione, il testo invita il lettore a riconsiderare criticamente ciò che crede di sapere su Chernobyl e sul nucleare, separando l'informazione tecnica dalla propaganda e dalle semplificazioni che hanno condizionato l'opinione pubblica italiana.

Nonostante le scelte scellerate del nostro Paese, a partire dal referendum del 1987, esattamente come alcuni notevoli autori avevano previsto [1,2], la morsa della fame di energia si fa sentire, oggi più che mai. È evidente infatti che il benessere e la sovranità di una nazione moderna non possono che passare, tra le varie cose, per la sovranità energetica. Cosa che aveva ben capito Enrico Mattei, tanti anni fa (e le cui gesta stanno tornando infatti, non a caso, alla ribalta [3]).

Quando si parla di sovranità energetica, si nomina sempre, inevitabilmente, il tema dell'utilizzo dell'energia nucleare nel nostro Paese (ricordiamo che c'è stato un periodo in cui siamo stati all'avanguardia in questo settore, con 4 reattori in esercizio). Altrettanto inevitabilmente, rispuntano fuori le solite polemiche, fra le quali, una delle più 'gettonate' è quella dell'incidente di Chernobyl, e dei referendum svoltisi su questo argomento (uno dei quali proprio subito dopo l'incidente in oggetto). Ritengo dunque che ognuno debba avere la sua legittima opinione: ma non esiste una vera opinione senza vera informazione. Si tratta solo, a mio avviso, dell'opinione di altri che ci viene inculcata. Ecco perché, le pagine che seguono servono a fornire gli strumenti a ognuno per ragionare con la propria testa, che è l'unico approccio genuinamente democratico possibile.

Quando citiamo Chernobyl, stiamo parlando di quello che è sicuramente il peggior incidente nucleare della storia (che secondo alcuni ha addirittura contribuito alla caduta dell'URSS). L'incidente è avvenuto alla centrale Lenin di Chernobyl, unità numero 4, il 26 aprile 1986, ormai oltre 40 anni fa. La centrale era costituita da 4 unità RBMK (sigla che in russo sta per 'reattore ad alta potenza a canali') entrate in funzione fra il 1978 ed il 1984. Richiamare il contesto storico è importante, perché si era nella fase immediatamente successiva alla crisi petrolifera e nel pieno della guerra fredda. Diciamo anche che i reattori RBMK erano macchine alquanto particolari: tant'è vero che non furono mai esportate al di fuori dei confini sovietici, nemmeno nei paesi (allora) satelliti del COMECON. Il motivo è presto detto: il reattore serviva per un uso

duale, ossia produrre energia abbondante ed economica per l'industria sovietica, ma anche produrre plutonio di grado militare al bisogno.

Qui serve una piccola spiegazione tecnica, fondamentale però per capire davvero la tematica. Come certamente sapete, tutta la materia è costituita da atomi, con protoni (particelle cariche positivamente) e neutroni (particelle elettricamente neutre) nel nucleo centrale, con gli elettroni negativi che orbitano attorno ed a grande distanza. Quello che caratterizza le proprietà chimiche di un materiale sono gli elettroni esterni, pari in numero ai protoni (per il bilancio e la neutralità elettrica dell'atomo); un atomo, a parità di protoni però, può contenere un numero diverso di neutroni: le proprietà chimiche dunque saranno le stesse (in pratica, sarà lo stesso elemento chimico), ma con proprietà fisiche diverse (anche un solo neutrone in più può fare molta differenza per quanto riguarda le proprietà nucleari di un nuclide); questo tipo di atomo prende il nome di isotopo. Ora, il plutonio è un elemento chimico che in natura non esiste: si produce nei reattori nucleari bombardando con neutroni l'uranio (che è l'elemento 92 della tabella periodica degli elementi, cioè con 92 protoni nel nucleo, ed è l'ultimo degli elementi 'naturali'). Succede che quando un atomo di uranio 238 (che è il numero totale di protoni e neutroni) assorbe un neutrone, diventa un atomo di uranio 239, ma quest'ultimo è nuclearmente instabile (come se avesse mangiato più di quel che può), e tende ad emettere delle particelle radioattive (in questo caso elettroni), che convertono il neutrone di troppo in un altro protone, creando l'elemento nettunio 239 (che infatti, avendo 'convertito' un neutrone in un protone, diventa l'elemento 93 della tabella periodica degli elementi). Anche quest'ultimo però è ancora instabile a sua volta, e con emivita (che è il periodo di tempo in cui dimezza la propria radioattività) di 2,356 giorni perde altri pezzi (in gergo tecnico si dice 'decade') in plutonio 239, che a sua volta è molto più stabile (ha emivita di 24113 anni) ed è un eccellente combustibile nucleare (ma anche un eccellente esplosivo nucleare). Ciò vuol dire che se incontra un neutrone, il plutonio 239 (come l'uranio 235, l'isotopo dell'uranio scarso in natura, presente in natura solo in una frazione in peso pari allo 0,711%) si spezza in due frammenti (radioattivi), emettendo altri neutroni (che spezzeranno altri atomi a loro volta, e così via, in una reazione che si chiama 'a catena') e molta energia. Succede però che qualche volta il plutonio 239 non 'fissiona' (liberando energia) col neutrone, ma lo 'inghiotte', trasformandosi in plutonio 240 (quindi, l'isotopo del plutonio più pesante). Questo nuclide, oltre a non essere così efficace per produrre energia, ha anche un altro 'vizio' - molto deleterio per la realizzazione di un ordigno nucleare - ogni tanto fissiona da solo, spontaneamente, emettendo neutroni in maniera casuale. Questo è un problema, perché i neutroni sono le 'scintille' che accendono il nucleo della bomba, e devono partire in un momento preciso per poter avere una vera esplosione, non casualmente (altrimenti si ha quello che tecnicamente si chiama 'fizzle', ossia una cilecca). Per fare questo, dunque, il plutonio che si deve usare per scopi militari deve essere costituito in massima parte da plutonio 239 (circa il 93% in peso), limitando in maniera molto precisa la quantità di plutonio 240. Questo si può fare in un solo modo: limitando il tempo durante il quale il plutonio 239 formatosi per irraggiamento dell'uranio è esposto a nuovi neutroni. Questo significa che devo realizzare un reattore che non richieda di essere spento per estrarre l'uranio 'cotto al punto giusto', ma che abbia dei canali di potenza dedicati, appunto come il reattore RBMK e i reattori canadesi ad acqua pesante (oppure dei reattori dedicati esattamente alla produzione di plutonio militare, come quello di Hanford ad esempio). Se abbiamo capito questo, abbiamo le prime basi per capire le cause dell'incidente di Chernobyl e anche parte delle questioni (purtroppo oggi nuovamente di attualità) di proliferazione nucleare.

Il reattore RBMK è raffreddato ad acqua - che viene parzialmente vaporizzata nel nocciolo del reattore - e moderato a grafite. Il moderatore è quel materiale che serve a rallentare i neutroni una volta generati dalla fissione (che sono veloci e quindi ad alta energia): lo si fa con una serie di urti con atomi leggeri. Più gli atomi sono leggeri, più efficace è il trasferimento di energia dal neutrone all'atomo contro cui collide, più efficace sarà il suo rallentamento (pensiamo ad una palla da biliardo: se colpisce una palla simile centralmente, può addirittura arrestarsi, facendo partire la palla colpita... ma se la palla colpita fosse più grossa, questo sarebbe impossibile, stando alle leggi della fisica). Perché i neutroni devono essere rallentati? Perché più sono lenti, più sono efficaci nel provocare la fissione degli atomi e nel far loro produrre energia

(in gergo tecnico si dice che a bassa energia si ha una più alta sezione di cattura), quindi con arricchimenti modesti nell'isotopo 235 dell'uranio si può mantenere la reazione a catena (altrimenti si dovrebbe arricchire molto di più, e l'arricchimento è un processo complesso e costoso – e ovviamente pone problemi di possibile proliferazione nucleare).

Ora, nei reattori di tipo occidentale l'acqua fa sia da moderatore che da refrigerante delle barre combustibili: è una differenza importante rispetto a reattori di tipo RBMK. Un moderatore, in generale, è tanto più efficace quanto più leggeri sono gli atomi che lo costituiscono (l'idrogeno, con un nucleo con un solo protone, sarebbe ideale da questo punto di vista), tenendo anche conto della loro 'avidità' nel sequestrare il neutrone che li colpisce (quindi, della sezione di cattura). Ora, l'idrogeno è molto efficace nel frenare i neutroni, ma nel farlo, se ne mangia alcuni (diventando l'isotopo più pesante dell'idrogeno, ossia il deuterio); il carbonio della grafite invece, avendo massa 12 volte superiore al neutrone, è decisamente meno efficace (quindi ce ne vuole di più), ma è anche poco 'ghiotto' di neutroni (ne assorbe pochissimi) [4].

Se tutto questo è chiaro, possiamo passare a spiegare, con criterio e cognizione di causa, cosa è successo a Chernobyl la notte di quel famigerato 26 aprile, perché è successo e perché non sarebbe mai potuto accadere da noi.

Premettiamo qualche altro fatto tecnico, che ci aiuterà a capire meglio. Il fatto di aver deciso di usare la grafite per moderare i neutroni di un grosso reattore nucleare, per quello che ho detto sopra, implica che se ne è dovuta usare parecchia (e questo spiegherà alcune cose), implicando un nocciolo (così si chiama in gergo il cuore del reattore dove si genera energia) molto grande e quindi la difficoltà di fare un edificio di contenimento in acciaio e cemento armato come quelli che rinchiudono tutti i reattori occidentali per la produzione di energia. Si tratta di opere imponenti, che non servono direttamente alla produzione di energia, ma a difendere l'impianto dall'ambiente (terremoti, inondazioni, sabotaggi, impatti aerei, ecc.), ma anche a difendere l'ambiente dal reattore nel caso di massiccio rilascio di radioattività in seguito ad un, seppur molto improbabile, incidente catastrofico (ricordiamo che prima dell'edificio di contenimento le barriere alla fuoriuscita della radioattività sono almeno due, ossia le camicie di zirconio che contengono il combustibile a base di ossido di uranio e il circuito primario del reattore in cui scorre il liquido di raffreddamento, in acciaio). A Chernobyl tale edificio, di fatto, non c'era, per i motivi anzidetti. Si aggiunga che in un nocciolo in cui la grafite fa da moderatore e l'acqua si limita ad asportare il calore trasformandosi in vapore, è possibile ottenere delle configurazioni in cui l'acqua per i neutroni che causano la fissione diventa un 'veleno': per cui, più acqua evapora, più la reazione di fissione (e quindi la produzione di energia) aumenta, causando un'ulteriore evaporazione dell'acqua, ancora più vigorosa, in un circuito vizioso che si auto-esalta divergendo rapidamente. Si chiama tecnicamente 'coefficiente di vuoto positivo', e rappresenta di per sé un pericolo intrinseco (nei reattori occidentali, l'acqua fa da refrigerante e moderatore: se se ne va per qualche motivo, si formano dei vuoti e la reazione nucleare si spegne da sola!).

Ma veniamo dunque all'evento. La prima cosa che va chiarita è che l'incidente non si è verificato durante il normale esercizio dell'impianto, bensì durante un esperimento, che peraltro era già stato tentato in precedenza senza successo. In pratica si voleva testare se la turbina mossa dal vapore avrebbe potuto generare per inerzia abbastanza energia per alimentare le pompe di ricircolo dell'acqua (quelle dedite al raffreddamento del reattore) per il tempo necessario (stimato in circa un minuto) affinché i generatori diesel entrassero in funzione. Bisogna ricordare infatti che anche una volta spento in sicurezza, un reattore nucleare va comunque raffreddato per un certo tempo, poiché il decadimento radioattivo continua a generare calore (circa il 7% della potenza prima dello spegnimento: il 7% di 3200 megawatt termici fa 224 megawatt, ovvero, tanto per capirci, la potenza di 112 mila fornelli). Per svolgere il test, si era iniziata a ridurre la potenza del reattore, che però non avrebbe mai dovuto scendere sotto i 700 megawatt, pena l'instabilità del reattore a causa dei fenomeni dovuti ai coefficienti di vuoto positivi che abbiamo descritto (e che erano bene noti ai progettisti). L'esperimento inoltre avrebbe dovuto svolgersi il giorno 25 aprile, secondo i piani, ma il controllore di rete di Kiev chiese di posporre la riduzione della produzione di energia,

perché a quell'ora serviva per le fabbriche in esercizio (complice anche l'andata fuori servizio di un'altra centrale elettrica). Ultimo tassello del disastro dunque, siccome l'esperimento fu ritardato di circa 10 ore, ma si decise di farlo lo stesso, a mezzanotte il personale che si era preparato per il delicato test ebbe il cambio, con personale che ovviamente non aveva la stessa preparazione. Basti dire che uno degli operatori, Leonid Toptunov, aveva solo 25 anni ed operava su quel tipo di reattore da soli due mesi. Quello che successe però, forse anche per un errore dell'operatore, fu che la potenza del reattore scese a soli 30 megawatt, ponendo il reattore in una condizione molto pericolosa ed instabile (e vietata dai regolamenti): a quel punto l'esperimento avrebbe dovuto essere interrotto. Invece Anatoly Dyatlov, l'ingegnere capo responsabile del test, ansioso di completare con successo l'esperimento ed ottenere un avanzamento di carriera, ordinò di continuare (minacciando il licenziamento per chi non obbedisse) – questo nonostante l'operatore, Aleksander Akimov, gli fece notare che si stavano violando una serie di procedure operative. Fatto sta che l'aver operato il reattore a piena potenza aveva accumulato un potentissimo veleno per i neutroni, lo xenon-135, che normalmente viene anche bruciato se il reattore continua a lavorare a piena potenza, ma che si accumula se il reattore riduce drasticamente la potenza (in quanto lo xenon-135 viene bruciato proprio con un alto flusso di neutroni). Questo fenomeno – noto sin dal 1944! - ha verosimilmente contribuito ad 'avvelenare' il reattore numero 4 di Chernobyl quella notte. Per ovviare al problema e riportarlo su di potenza, su ordini perentori di Dyatlov, gli operatori rimossero quasi tutte le barre di controllo del reattore (quelle che servono a mangiare i neutroni e che rappresentano, di fatto, le 'briglie' del reattore). Si riuscì a riportare la potenza a 200 MW (comunque molto al di sotto dei 700 MW prescritti), a causa degli effetti da avvelenamento da xeno. A questo punto, poco dopo l'una di notte, si decise di attivare le pompe di circolazione, che rallentarono ulteriormente la reazione nucleare, richiedendo l'estrazione di ulteriori barre di controllo: si ritiene che a questo punto le barre di controllo ancora inserite nel reattore fossero appena 8, quando era prescritto di non averne mai meno di 15, in nessun caso. Il test di inerzia delle turbine iniziò alle 1:23:04 della notte del 26 aprile: il minore apporto di acqua nei canali — ricordiamo che l'acqua, in quel contesto, agiva da "veleno" neutronico — forniva maggiore reattività, quindi più neutroni, che bruciavano più xeno e generavano più calore, che faceva evaporare altra acqua... e così, in un ciclo rapidissimo che si auto-esaltava. Alle 1:23:40 la pazienza del reattore era finita: senza più briglie, esso iniziò a produrre potenza in maniera incontrollata e l'operatore, preso dal panico, schiacciò il famigerato (perché passato alla storia) tasto AZ-5, che avrebbe dovuto inserire tutte le barre nel reattore e fermare la sua folle corsa. Ma qui si ebbe la sorpresa finale: il reattore invece di spegnersi come avrebbe dovuto, esplose violentemente, scaraventando in aria il pesantissimo coperchio di acciaio da 1000 tonnellate, assieme a pezzi della grafite e del combustibile nucleare altamente radioattivo. Cosa era successo? Le barre di controllo, oltre ad essere troppo lente, avevano i terminali non di materiale assorbente (carburo di boro), bensì di grafite, la quale, invece di spegnere la reazione, la rinvigorisce – anche perché, scendendo, le barre di controllo spostavano l'acqua, che era un veleno per la reazione nucleare. Si faceva per risparmiare sui costi, ma gli operatori non lo sapevano. In pratica, stavano guidando un'auto che aveva dei freni che una volta azionati, prima di frenare, acceleravano ancora per qualche istante prima di iniziare a fare il loro lavoro per cui erano progettati: un'auto che nessuno, conoscendone questa caratteristica, si sognerebbe mai di guidare. [5, 6, 7]

Con il nocciolo scoperto e ad altissima temperatura, la grafite prese fuoco, e bruciò per giorni, portando nell'alta atmosfera il contenuto radioattivo del nocciolo scoperto: per spegnere l'incendio servì buttare migliaia di tonnellate di sabbia e boro con gli elicotteri, in operazioni che possiamo tranquillamente definire eroiche.

I sovietici non erano preparati però a questo tipo di scenario, e molte delle vittime dell'incidente furono i vigili del fuoco accorsi a spegnere l'incendio senza gli strumenti adeguati. Nei giorni successivi si cercò di spingere la grafite altamente contaminata sul tetto del reattore nella 'fossa' lasciata dall'esplosione: si cercò di usare dei robot fatti venire dalla Germania dell'est, ma l'intensa radiazione li mise fuori uso molto rapidamente. Si pensò allora di usare i 'bio-robot' – come furono definiti, a mio avviso con una sorta di

humor nero – i liquidatori umani, attrezzati con mezzi di fortuna (non basta una piastra di metallo per schermare le radiazioni, quindi costoro potevano passare sui tetti solo una manciata di secondi).

Il governo sovietico di allora (presieduto da Mikhail Gorbaciov) inizialmente cercò di nascondere l'accaduto: in occidente ad accorgersene furono gli svedesi, che inizialmente credevano ci fosse una perdita nei propri impianti nucleari. Solo dopo, incrociando anche i dati con la direzione dei venti, si capì cosa era successo e i sovietici furono costretti ad ammettere l'accaduto.

Quel che è certo è che i momenti successivi all'incidente richiesero l'azione decisa – e spesso eroica – di molti uomini coraggiosi, alcuni dei quali hanno pagato con la vita.

Gli operatori, Aleksander Akimov e Leonid Toptunov, nel tentativo di raffreddare il reattore in seguito all'incendio, rimasero contaminati e morirono un paio di settimane dopo per l'avvelenamento da radiazioni. Anche Anatoly Dyatlov fu esposto a dosi di circa 400 REM (4 Sievert), che richiesero di ospedalizzarlo, ma sopravvisse fino al 1995. Al processo per l'accaduto egli fu condannato, assieme al direttore dell'impianto, Viktor Bryukhanov, ed all'ingegnere capo Nikolai Fomin (entrambi senza esperienza in campo nucleare e messi a capo dell'impianto per meriti di partito), a 10 anni di lavori forzati (ma furono in seguito amnistiati e scontarono circa metà della pena).

La storia ricorda, tra i tanti protagonisti, il prof. Valery Legasov, che fu il primo a raccontare cosa fosse veramente successo presso la IAEA (l'agenzia internazionale per l'energia atomica con sede a Vienna) – nonostante egli stesso ebbe a dire che non aveva mentito a Vienna, ma non aveva detto nemmeno tutta la verità. Si impiccherà il 27 aprile 1988, esattamente due anni dopo l'incidente di Chernobyl, lasciando il proprio testamento su dei nastri audio. È fra i personaggi ricordati nel 'giardino dei giusti' di Milano, situato sul Monte Stella.

La nube radioattiva si estese per tutta l'Europa, contaminando varie zone a macchia di leopardo, ma le ricadute più severe si ebbero in Ucraina e Bielorussia. La vicina città di Prypiat (che contava circa 50 mila abitanti) fu fatta evacuare, e, ad oggi, è ancora una città fantasma. Le cantine dell'ospedale custodiscono ancora la cosa più radioattiva che si possa trovare facendosi una passeggiata da quelle parti: le tute dei pompieri che intervennero per spegnere l'incendio.

Il Chernobyl Forum, promosso dalle Nazioni Unite e da agenzie internazionali, rappresenta uno dei riferimenti istituzionali più autorevoli per la quantificazione degli effetti sanitari dell'incidente, e ha concluso che:

- 28 liquidatori sono morti già nel 1986 per esposizione acuta alle radiazioni;
- 19 sono morti fra il 1987 ed il 2004, ma la loro morte non è deterministicamente imputabile all'esposizione alle radiazioni;
- fra la popolazione di bambini ed adolescenti che bevvero latte contaminato, sono stati rilevati 4000 casi di tumore alla tiroide. Di questi, i decessi sono stati 15. Va chiarito che l'analisi a tappeto seguita all'incidente ha consentito di rilevare tutti i tumori occulti, che normalmente rimangono ignoti (quindi non si può certo dire si tratti interamente di casi legati all'esposizione alle radiazioni). [8, 9]

Molte stime che alcuni fanno sono basate sul principio LNT (Linear No Threshold), ossia l'assunzione che l'esposizione alle radiazioni non abbia una soglia minima di sicurezza sotto la quale non ha effetti. Tale asserzione è completamente priva di fondamento ovviamente: è come dire che se salto 20 volte da un tavolo alto 1 metro, ho lo stesso effetto sanitario di saltare da un edificio di 20 metri una sola volta. Peraltro, bisognerebbe spiegare che noi tutti siamo immersi in un ambiente naturalmente radioattivo: se un rateo di dose normale si aggira su 0,1 microsievert per ora, in certe zone questo valore può essere oltre 100 volte superiore (come a Ramsar, in Iran, o sulla spiaggia di Guarapari, in Brasile), senza che si osservino effetti

avversi sulla popolazione. Inoltre, valori fino a 100 volte superiori a quelli che si trovano a terra si hanno nei normali voli aerei, senza che si osservi una netta incidenza tumorale sugli equipaggi dei voli (alcune di queste misure sono state eseguite anche dal sottoscritto).

Il Prof. Edward Calabrese, della University of Massachusetts Amherst, ha discusso nel dettaglio l'inconsistenza del principio LNT e ha sostenuto, sulla base di numerose evidenze sperimentali, l'esistenza di effetti ormetici da basse dosi di radiazioni. [10, 11]

Ora la domanda è: sarebbe mai potuto accadere qualcosa di simile in Italia? Risposta: no, perché un reattore di quel genere, ad uso duale (produzione di energia e plutonio di grado militare, con coefficiente di vuoto positivo), non sarebbe mai stato 'licenziato' nel nostro Paese per la costruzione. Inoltre qui da noi non sarebbe mai stato autorizzato un esperimento di quel genere dall'ente di controllo. I reattori che all'epoca erano presenti in Italia appartenevano alla filiera ad acqua, sia BWR (ad acqua bollente) sia PWR (ad acqua pressurizzata), dove l'acqua fa sia da refrigerante che da moderatore (avevamo un reattore a grafite a Latina di tipo Magnox – la grafite non è pericolosa a prescindere! – ma era raffreddato a gas, non ad acqua). Peraltro, l'acqua, a differenza della grafite, non prende fuoco. Per finire, siccome l'acqua è molto più efficace a moderare i neutroni – per le ragioni spiegate sopra – i reattori sono più piccoli e sono 'incapsulati' in contenitori di sicurezza con schermi di acciaio e di 3 metri (!) di calcestruzzo armato (che, ripeto, a Chernobyl non c'era proprio).

Nonostante tutto questo, all'opinione pubblica italiana si è fatto passare il messaggio della pericolosità dell'uso dell'energia nucleare, prendendo ad esempio i tragici accadimenti occorsi alla centrale di Chernobyl.

Per concludere, queste brevi note non vogliono – e certamente non possono – essere esaustive riguardo al tragico incidente di Chernobyl, che ha certamente lasciato delle ferite profonde sulle comunità dell'Ucraina e della Bielorussia; incidente che, come ho cercato di descrivere molto sinteticamente, coinvolge varie discipline ed aspetti, anche piuttosto complessi. Questo articolo, seppur non cortissimo, ambisce a far sorgere nel lettore le giuste domande, nulla più. Chi vuole approfondire l'argomento non avrà difficoltà a trovare tutto il materiale che serve, anche in lingua italiana (sono stati versati fiumi di inchiostro – e bit – nel corso degli anni). Piuttosto inviterei adesso il lettore a chiedersi: tutte queste cose, le sapevo, le avevo capite, quando nominavo Chernobyl? E se no, come mai? Chi avrebbe dovuto informarmi, e non lo ha fatto? E ancora: avrei voluto saperle, prima di farmi un'opinione (o, magari, votare addirittura uno o più referendum, di cui tanti ancora si riempiono la bocca)? Ognuno risponda a se stesso o se stessa e ne tragga le conseguenze e gli insegnamenti che crede.

Riferimenti bibliografici

- [1] "Il petrolio, l'atomo e il metano – Italia nucleare 1946-1997" – Paolo Fornaciari – 21mo Secolo
- [2] "Il futuro dell'energia" – Mario Silvestri – Bollati Boringhieri – ISBN 88-339-0451-2
- [3] "Piano Mattei per l'Africa" – Governo Italiano – <https://www.governo.it/it/piano-mattei>
- [4] "Introductory Nuclear Physics" – Kenneth S. Krane – WILEY – ISBN 0-471-80553-X
- [5] "Nuclear Reactor Engineering" – Samuel Glasstone, Alexander Sesonske – Chapman & Hall – ISBN 0-412-98531-4
- [6] "Chernobyl – 20 anni dopo il disastro" – Ugo Spezia – 21mo Secolo – ISBN 88-87731-31-4

- [7] "INSAG-7 – The Chernobyl Accident: Updating of INSAG-1" – Safety series No. 75-INSAG-7 – International Atomic Energy Agency, 1992 - https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub913e_web.pdf
- [8] "Chernobyl's Legacy: Health, Environmental and Socio-Economic Impacts and Recommendations to the Governments of Belarus, the Russian Federation and Ukraine - The Chernobyl Forum: 2003–2005 Second revised version" – IAEA - <https://www.iaea.org/sites/default/files/chernobyl.pdf>
- [9] "Assessments of the radiation effects from the Chernobyl nuclear reactor accident" – UNSCEAR - <https://www.unscear.org/unscear/en/areas-of-work/chernobyl.html>
- [10] Calabrese, E. J., & Baldwin, L. A. (2000). Radiation hormesis: its historical foundations as a biological hypothesis. *Human & Experimental Toxicology*, 19(1), 41–75. DOI: 10.1191/096032700678815602
- [11] "The LNT fraud" – Atomi per la Pace - <https://www.youtube.com/watch?v=3-mkhPvi-xU>